

# La reparación frigorífica

---

**Reparación de equipos comerciales e instalaciones frigoríficas**

Francisco José Talavera Salgado

01/01/2014

# Índice

1.	Reparación de equipos comerciales e instalaciones frigoríficas .....	3
1.1.	Causas principales de mal funcionamiento .....	3
1.1.1.	Anomalías de funcionamiento en los órganos de expansión .....	7
1.1.2.	Ruidos anormales .....	8
1.1.3.	Olores.....	9
1.2.	Reparación de las unidades herméticas .....	10
1.3.	Reparación de refrigeradores y equipos domésticos con Ud. herméticas .....	11
1.4.	Comprobaciones de tipo eléctrico .....	14
1.5.	Intervención en el compresor .....	17
1.6.	Cambio de fluido .....	18
2.	Trabajo en el taller .....	20
3.	Pruebas de los aparellajes .....	22
4.	Medición de las características de una instalación .....	26
4.1.	Rendimiento volumétrico de un compresor .....	26
4.2.	Potencia frigorífica .....	28
4.3.	Medición de los caudales .....	31

## LAS REPARACIONES FRIGORIFICAS

### 1. Reparación de equipos comerciales e instalaciones frigoríficas

No existen reglas precisas en el capítulo de reparaciones. Éstas se basan sobre el conocimiento de la materia y la reflexión.

Es necesario pensar y saber cómo debe actuarse, haciéndolo enseguida de forma concienzuda y, particularmente, con método.

Por último, no debe dejarse la instalación hasta que no se halle en perfecto estado de funcionamiento.

En principio deben colocarse los manómetros sobre el compresor y un termómetro en la cámara, o el recipiente a enfriar, analizando a continuación las causas posibles de la perturbación.

En primer lugar, teniendo en cuenta las quejas del usuario, debe efectuarse un rápido examen de la instalación.

#### 1.1. Causas principales de mal funcionamiento

##### Si el motor gira

- a) Tocar la tubería de descarga que va al condensador. La temperatura normal de ésta ha de ser próxima a 60-70°C. Si está fría, es porque el compresor «no trabaja». Si está demasiado caliente, significa que existe una condensación defectuosa.
- b) La tubería de aspiración debe hallarse a una temperatura igual o ligeramente inferior a la temperatura ambiente. Si está más fría, significa que la válvula de expansión está demasiado abierta. Si está demasiado caliente, se debe a un excesivo recalentamiento.
- c) La conducción de líquido debe hallarse a una temperatura ligeramente más elevada que la temperatura ambiente. Si está fría, es que existe una obstrucción en la válvula de salida de líquido o en el filtro. Si dicha conducción está demasiado caliente, es debido a una mala condensación, o a falta de refrigerante.
- d) Considerar las indicaciones del manómetro de baja presión. Una presión demasiado baja indica falta de alimentación. Una presión por encima de la normal significa que la válvula de expansión se encuentra demasiado abierta o que el compresor no aspira la totalidad de los vapores producidos en el evaporador. Si se observan pulsaciones en la aguja del manómetro de baja presión es señal de defecto en los discos de las válvulas de aspiración.
- e) Indicaciones del manómetro de alta presión. Si la presión que señala es demasiado elevada es debido a una mala condensación, o a la existencia de aire en el circuito; una presión por debajo de lo normal, o bien, si la aguja del manómetro experimenta pulsaciones, son indicios de que las válvulas de descarga se encuentran en mal estado.

En caso de duda acerca del buen estado del compresor, debe efectuarse una prueba de vacío después de cerrar la válvula de aspiración y, de acuerdo con lo que señale la prueba, la puesta de nuevo en condiciones deberá llevarse a cabo en el propio lugar de la instalación, o en el taller.

### **El motor no gira**

- No llega corriente al motor.
- Interruptor desconectado. Fusibles fundidos (buscar la causa).
- En el caso de un motor monofásico con condensador de arranque, si el motor arranca después de impulsarlo con la mano (habiendo quitado las correas), es probable que el condensador esté defectuoso.
- El contactor no cierra los contactos. Hágase una prueba empalmando el bloque móvil con los contactos fijos; si el motor arranca, es debido a que la bobina está defectuosa, o que el dispositivo de regulación del grupo no funciona.
- Contactos defectuosos. Mal estado de los contactos en el contactor o en el aparato de regulación del grupo.
- Motor insuficiente. Alta presión demasiado elevada con el presostato de seguridad cortado, debiendo buscarse la causa en: una condensación defectuosa, falta de agua en el condensador, aire en el interior del circuito, carga excesiva.
- Pérdida de fluido frigorífeno (el presostato de baja presión no se vuelve a conectar).
- Compresor emplazado en un ambiente demasiado frío (el presostato de baja presión no se vuelve a conectar ya que la presión en el cárter del compresor es demasiado débil).
- El presostato de baja presión puede actuar si está conectado al orificio de servicio de una válvula; en este caso, el cierre sobre el asiento hacia atrás de la aguja deja al presostato fuera de servicio.
- Tubería de conexión del presostato obstruida.
- Finalmente, motor insuficiente (el relé térmico del contactor se dispara a cada arranque del motor).

### **El motor no adquiere la velocidad debida**

- Verificar el acoplado (monofásico).
- Fase cortada (trifásico o bifásico).
- Dureza en los cojinetes. Aceite demasiado espeso en invierno.
- El compresor va muy duro. Sacar las correas y comprobar si también va duro accionado a mano.

(Las tres primeras causas pueden impedir, asimismo, el arranque del motor).

### **El motor gira, pero el compresor no lo hace**

- Temperatura demasiado alta en la cámara o recinto enfriado
- Correas muy sueltas o patinando.
- Presostato o termostato regulado a temperatura demasiado alta.
- Volante y polea mal alineados.
- Aislamiento insuficiente. Entrada de aire por las puertas.
- Compresor bloqueado (gripado, engomado o con la alta presión demasiado).
- Exceso de escarcha en el evaporador. Válvula de expansión mal regulada elevada).
- Falta de fluido frigorífeno (silbido en el interior de la válvula de expansión).
- Clavija de accionamiento de la excéntrica rota.
- Filtro obstruido en parte (línea de líquido frío).
- Mala circulación de aire en el interior del refrigerador o cámara.

## **El compresor funciona bajo ciclos cortos**

- ❖ Compresor de poca capacidad o evaporador demasiado pequeño.
- ❖ Compresor en mal estado mecánico.
- ❖ Diferencial del termostato o del presostato del grupo regulado con un salto demasiado corto.
- ❖ Temperatura excesivamente baja en la cámara o recinto enfriado
- ❖ Las válvulas de descarga no son estancas.
- ❖ La válvula de expansión no cierra.
- ❖ Presostato o termostato regulado demasiado bajo.
- ❖ El compresor es demasiado potente o bien gira a velocidad excesiva (reducir el diámetro de la polea del motor).
- ❖ Presostato o termostato en cortocircuito.
- ❖ El presostato de alta presión desconecta poco después de la puesta en marcha
- ❖ La máquina no se para (véanse las causas ya mencionadas).
- ❖ Falta de fluido frigorígeno.
- ❖ Presostato o termostato en cortocircuito.
- ❖ El bulbo del termostato del evaporador está emplazado demasiado cerca de la válvula de expansión.
- ❖ Bulbo del termostato vacío.
- ❖ Falta de fluido frigorígeno (regulación por termostato).
- ❖ Poca necesidad de frío. (regulación por termostato).
- ❖ El fluido frigorígeno no llega a la válvula de expansión (o a cualquier otro órgano de expansión)
- ❖ Hielo en el órgano de la válvula de expansión (regulación por termostato).
- ❖ Ciclos excesivamente largos
- ❖ El dispositivo de expansión se halla en posición de cierre (regulación por termostato).
- ❖ Falta de carga.
- ❖ Compresor de poca capacidad, o que gira muy lentamente.
- ❖ Compresor de poca capacidad o en malas condiciones.
- ❖ Termostato mal emplazado o defectuoso contacto de su bulbo con el evaporador (en el caso de un termostato de evaporador)
- ❖ Evaporador poco dimensionado o excesivamente escarchado.
- ❖ Aislamiento insuficiente. Entrada de aire por las puertas.
- ❖ Diferencial del termostato o del presostato regulado con un salto demasiado grande.
- ❖ Refrigerador (o cámara frigorífica) cargado en exceso de género, o bien, bajo un servicio demasiado intenso.
- ❖ Evaporador demasiado dimensionado. Evaporador excesivamente escarchado.
- ❖ Alta presión demasiado elevada
- ❖ Mala circulación de aire (termostato de ambiente poco influenciado por el movimiento de aire).
- ❖ Exceso de carga de fluido frigorígeno. Condensador de agua obstruido en parte, o falta de caudal en la válvula de agua.
- ❖ Defectuoso aislamiento del refrigerador o cámara.
- ❖ Presencia de aire en el interior del circuito.
- ❖ Entrada de aire a través de las puertas (burletes no estancos, o bien aperturas frecuentes de las puertas).
- ❖ Condensador de aire sucio o insuficientemente ventilado.
- ❖ Válvula de expansión mal regulada (demasiado cerrada).
- ❖ Condensador poco dimensionado o colocado demasiado cerca de la pared.
- ❖ Compresor en mal estado mecánico.
- ❖ Compresor emplazado en un local muy cálido o demasiado reducido. (Verifíquese también el sentido de giro de la hélice).
- ❖ Válvula de expansión demasiado abierta.

### **Alta presión por debajo de la normal**

- Válvula de expansión demasiado abierta.
- Falta de carga de fluido frigorífeno.
- Compresor en mal estado (examínense las válvulas de aspiración y descarga).
- Alimentación defectuosa del fluido frigorífeno (buscar la causa: hielo en la válvula de expansión u obstrucción en la línea de líquido).
- Válvula de expansión insuficientemente abierta.
- El separador de aceite se encuentra en comunicación con el cárter del compresor y hace de bypass).

### **Baja presión demasiado elevada**

- El compresor no aspira (válvulas defectuosas).
- Válvula de expansión demasiado abierta.
- Orificio de la válvula de expansión mal seleccionado (muy grande) colocar un número menor.

### **Baja presión por debajo de la normal**

- ✚ Válvula de expansión cerrada, con hielo o ajuste defectuoso.
- ✚ Filtro o deshidratador obstruidos. Grifo de salida de líquido insuficientemente abierto.
- ✚ El tubo sumergido de la válvula de salida de líquido obstruido o dessoldado (en este último caso llega fluido en estado gaseoso a la válvula de expansión).
- ✚ Falta de carga de fluido frigorífeno.
- ✚ Tubería de aspiración aplastada.
- ✚ Pérdidas de carga importantes en la tubería de aspiración.

### **1.1.1. Anomalías de funcionamiento en los órganos de expansión**

#### **Generalidades**

En todos los dispositivos de expansión la causa más frecuente de un mal funcionamiento es la presencia de humedad en el circuito.

Esta humedad se traduce en la formación de partículas de hielo localizadas en el punto donde se produce la expansión por las razones siguientes:

- **es el punto con sección más reducida para el paso del fluido,**
- **es el punto donde la temperatura es más baja.**

Esta humedad ha penetrado en el circuito ya sea con el aceite o con el fluido mal deshidratado, aunque la mayor parte de las veces por falta de cuidado en el montaje de la instalación. **La humedad es la gran enfermedad de la refrigeración.**

Sin embargo, a la humedad se unen otras causas de mal funcionamiento comunes o propias de cada uno de los diferentes órganos de expansión. Vamos a estudiarlos rápidamente.

#### **Anomalías en el funcionamiento de las válvulas de expansión termostáticas**

Las válvulas de expansión termostáticas son las que ocasionan más problemas a los montadores. Su funcionamiento está regido por fenómenos presostáticos y termostáticos que se simultanean.

Además, debido a su construcción, se hallan sujetas a fallos por las razones que vamos a poner de relieve.

La más pequeña traza de humedad en el fluido frigorífeno puede causar, como ya hemos visto, la obstrucción del orificio de paso en el asiento de la aguja y formar una partícula de hielo. La inclusión de un filtro deshidratador no es suficiente para poder considerar el sistema totalmente exento de humedad.

Si esta humedad se congela en el evaporador, la instalación puede funcionar de forma correcta durante un tiempo bastante largo sin dificultades y, bruscamente, presentar una avería.

Cuando se tiene la certeza de que se trata de un tapón de hielo, la aplicación de un trapo mojado con agua caliente en el cuerpo de la válvula de expansión es el mejor método para atenderla. No debe nunca calentarse la válvula con una llama, debiendo secarse el sistema con el uso de uno o varios filtros deshidratadores.

También se puede llegar a cambiar el aceite del compresor.

En ocasiones, la humedad puede haberse introducido a través de la tapa donde se aloja el fuelle termostático de la válvula. Dicha entrada de humedad puede efectuarse por la junta que sirve de prensaestopas en el vástago de regulación, o por la junta entre dicha tapa y el cuerpo de la válvula.

Si se trata de una fuga parcial, se observará la reducción de la presión de aspiración debido a la falta de carga y que tiene, como consecuencia, la falta de presión en el bulbo. Si la fuga es total, el elemento termostático no ejerce acción alguna sobre la aguja, y la válvula trabaja como una automática que no está bastante abierta.

Esta pérdida de fluido en el elemento termostático puede ser también espontánea por rotura del fuelle, o también, si es ínfima, aunque continua, en el caso de un fallo en las soldaduras que unen los componentes del citado elemento termostático.

### **1.1.2. Ruidos anormales**

#### **Ruidos en el compresor**

- ◆ Examíñense los amortiguadores (en los grupos comerciales).
- ◆ Revisar las suspensiones (en los equipos de uso doméstico).
- ◆ Los tubos no están bien fijos, vibran y chocan entre sí.
- ◆ Las tuercas no están bien apretadas. Falta aceite en el cárter.
- ◆ Existe juego en los ejes de los pistones (ruido de un choque seco). Juego en las excéntricas o en las bielas (ruido más sordo).
- ◆ Golpeteo de las válvulas, debido generalmente a que alguna se encuentra demasiado alzada.
- ◆ Silbido en la caja de estanqueidad o prensaestopas (inviértase el sentido de marcha del compresor durante unos minutos verificando el nivel de aceite en el cárter).
- ◆ Golpes de líquido o de aceite. Estos ruidos se producen en el momento del arranque generalmente. Las dos causas pueden concurrir a la vez ya que el cárter contiene fluido frigorífeno, donde existe una emulsión con el aceite haciendo que éste se remonte. Búsquese la causa de retorno de fluido en estado líquido al cárter (falta de hermeticidad en los discos de las válvulas de aspiración y descarga, o en la válvula de expansión).
- ◆ Volante desajustado, o polea del motor desbloqueada (existe juego en las chavetas de fijación).
- ◆ Dispositivo de tensión de las correas.
- ◆ Pintura o adherencias de caucho en las ranuras del volante. Correas en mal estado.
- ◆ La hélice del ventilador roza con el condensador o con las correas. En un compresor de tipo hermético, deben sacarse las tuercas de fijación, dejando que «flote» sobre los resortes de suspensión.
- ◆ Correas de transmisión ruidosas. Deben humedecerse las caras de roce de las correas con aceite de oliva.

Si el silbido persiste, cámbiese el sentido de dirección de su arrollamiento, a fin de que las caras de contacto cambien de posición en las ranuras de la polea y del volante.

El cambio de sentido del arrollamiento es eficaz, asimismo, cuando las correas tienen tendencia a retorcerse (movimiento de torsión) en las ranuras del volante y de la polea.

#### **Ruidos diversos**

- Vibración en la válvula de agua (mover ligeramente su regulación).
- Vibración en la válvula de presión constante. Este ruido es bastante frecuente. Póngase aceite en el alojamiento del resorte de regulación. Si es necesario, cámbiese ligeramente la posición del resorte.
- Zumbido en el contactor. Este ruido se produce debido a una mala posición del bloque de contactos móviles sobre la armadura fija. Verifíquese el voltaje de la bobina que sirve de imán y su conexión.
- Vibración de la válvula magnética. Compruébese el voltaje, así como la fijación y posición de esta válvula.
- Vibración en el disco de la válvula de retención. Ello puede ocurrir cuando el disco se halla emplazado en posición vertical. Resulta suficiente inclinar la válvula unos 30 o 45°.

### **Ruidos del motor**

- Juego de cojinetes. Si el desgaste es pronunciado, el rotor puede llegar a frotar con el estator.
- Juego en los rodamientos de los cojinetes de bolas, cuando el motor va equipado con ellos.
- Juego lateral que se puede reducir colocando arandelas de acero o de fibra.
- Defectuosa fijación de las espigas de emplazamiento.

### **Ruidos en el refrigerador (o en la cámara frigorífica)**

- Defectuosa fijación del evaporador. Las tuberías vibran o rozan con el evaporador.
- Los tornillos de fijación vibran en sus soportes (colocar en los soportes una arandela pequeña de caucho o fijarlos bien con un arrollamiento de hilo de acero estañado).

### **1.1.3. Olores**

- Olor de goma quemada (examinar las correas).
- Recalentamiento del barniz sobre el bobinado del motor.

En lo que concierne a los olores que pueden notarse en el interior del refrigerador o la cámara, se puede lograr su eliminación de acuerdo con la naturaleza de dichos olores colocando dentro del refrigerador, o de la cámara, una bandeja con polvo de carbón activado.

## 1.2. Reparación de las unidades herméticas

El funcionamiento en un circuito frigorífico de un moto compresor hermético no presenta ningún fenómeno particular, aunque en ciertos equipos especialmente los de pequeña potencia- la ausencia de válvulas de servicio provoca algunas dificultades cuando ha de efectuarse una intervención en el circuito. Estas unidades incorporan generalmente en el circuito, el cárter o el recipiente de líquido, un racor de 1/4" macho con una válvula «Schrader», que permite la colocación de una válvula especial tal como se representa en la figura 13 y la misma en posición de servicio en la figura 14.

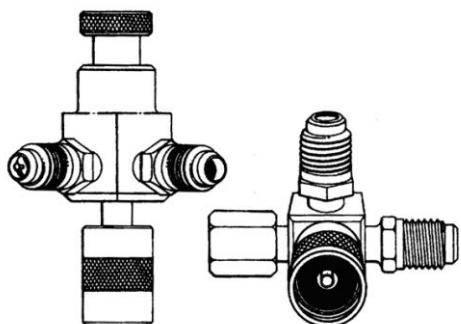


Figura 8.13. Válvula de carga «MR-JR».

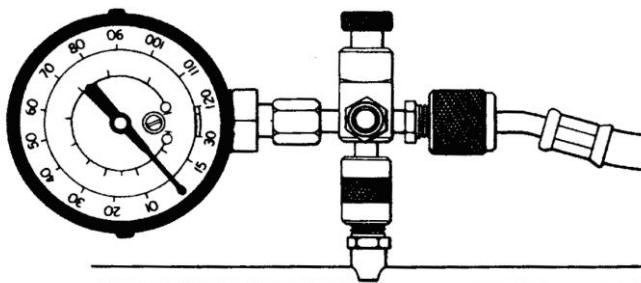


Figura 8.14. Montaje de la válvula de carga «MR-JR».



El botón moleteado de esta válvula acciona la espiga de maniobra. Con la válvula instalada, la maniobra de este botón permite (girándolo) que la espiga de mando presione el disco de la válvula «Schrader» poniendo ésta en comunicación con el circuito frigorífico a través de los tres racores de la válvula en los que se puede montar, además del manómetro de control, un tubo de carga y todo el aparellaje necesario para la intervención en curso. Maniobrando el botón moleteado en sentido inverso, el disco de la válvula «Schrader» queda libre viniendo a cerrar sobre su asiento, obturando la comunicación entre el circuito frigorífico y la válvula, que puede así desmontarse del racor sin riesgo de fuga del fluido frigorígeno.

En ciertas unidades herméticas sólo existen en el cárter o en el compresor pequeños trozos de tubo de 8 a 10 cm de longitud obturados después de efectuada la carga en el correspondiente reglaje en fábrica, sobre los cuales es posible soldar un racor «Schrader».

También existe la posibilidad de acoplar una válvula en estos trozos de tubería para ejecutar la nueva puesta en marcha del grupo, después de haber obturado otra vez los tubos.

También se puede seccionar una tubería intercalando racores en T que permitan realizar la reparación.

Una operación de esta clase sólo puede llevarse a cabo en el taller.

Si el moto compresor está defectuoso, solamente un especialista experimentado puede juzgar si resulta oportuno emprender una reparación que puede resultar más cara que el cambio de la unidad, en especial si esta reparación se efectúa en un taller o local donde no se dispone de todo el utillaje necesario.

### **1.3. Reparación de refrigeradores y equipos domésticos con Ud. herméticas**

Los compresores herméticos adquieren cada vez más importancia en el equipamiento de diversas fabricaciones frigoríficas.

Los refrigeradores de tipo doméstico, los pequeños muebles comerciales o vitrinas refrigeradas, las conservadoras de helados, los fabricadores de cubitos de hielo, los enfriadores de agua, los pequeños acondicionadores, van equipados todos con compresores herméticos.

La fabricación de estos equipos proporciona una gran satisfacción y las ventajas de su utilización resultan evidentes: ausencia de ruidos, más bajo consumo de energía, a igual potencia que en los compresores abiertos, menos desgaste, conservación nula, etc.

Estas unidades, si se han construido y montado con todas las prevenciones necesarias, son poco propensas a averías. De todos modos, puede ocurrir que el montador sea requerido para intervenir en una instalación equipada con un compresor hermético. Hace falta disponer de una gran experiencia en estos aparatos para decidir rápidamente la causa de un incidente y juzgar con certeza si ha de ser necesario, o no, el retorno del aparato al taller.

Las reclamaciones de los clientes pueden resumirse en estas dos:

- a) el grupo no se pone en marcha,
- b) el grupo gira pero la temperatura alcanzada no es correcta.

Las causas de ello pueden provenir de defectos en los siguientes puntos:

- Circuito eléctrico,
- Sistema hermético propiamente dicho.

En lo que concierne al circuito eléctrico, se puede incriminar a la corriente de alimentación, los fusibles de seguridad y a determinados accesorios como son los relés, termostato, transformador y el condensador de arranque si forma parte del circuito, y, por último, al propio motor eléctrico. Un sistema hermético puede fallar debido a una fuga de fluido frigorífico, a la obstrucción del tubo capilar por humedad o la introducción de un cuerpo extraño, un filtro taponado, aceite depositado en el evaporador, tuberías aplastadas, etc.

#### **• El grupo hermético no se pone en marcha**

Comprobar si la corriente eléctrica llega al cable de alimentación, y de allí a los bornes del motor; verificar si la tensión es normal (un voltaje que sea inferior en un 10% al que está previsto para la alimentación del motor, puede impedir su arranque). Comprobar el buen estado de todas las conexiones.

Si la corriente no llega al motor, "cortocircuitense" los dos bornes del termostato; si de esta forma el grupo se pone en marcha, significa que el termostato está defectuoso.

De no tener éxito en estas comprobaciones, examínense el relé y el protector térmico.

Hágase una prueba con un relé nuevo, del mismo tipo, con iguales características de potencia y voltaje.

Si el cambio de relé es inoperante, se puede admitir que existe algún defecto en el motor o que hay algún mecanismo «endurecido» que bloquea el conjunto del motor compresor. Debe reemplazarse la unidad entera.

Si el circuito incorpora algún transformador o bien un condensador de arranque, puede sospecharse de estos elementos.

Para el transformador debe verificarse la tensión de salida.

En cuanto al condensador, hágase una prueba con otro de calidad asegurada.

#### • Enfriamiento incorrecto

Examíñese, en primer lugar, el evaporador. La causa de la anomalía puede ser debida a:

- Falta de carga (fuga en el sistema).
- Tubo capilar obstruido por humedad o por la presencia de un cuerpo extraño.
- Filtro taponado.

Si el evaporador no está completamente escarchado, puede suponerse:

- La carga de fluido es insuficiente (probable fuga).
- El tubo capilar o el filtro están taponados en parte.
- Exceso de aceite en el evaporador.
- Bajo rendimiento del compresor (las válvulas, o sus asientos, se hallan en mal estado, junta de la descarga defectuosa).

En todos estos casos se impone el cambio del sistema.

Un termostato defectuoso, mal regulado o erróneamente emplazado, puede ser motivo de una refrigeración incorrecta.

La existencia de una temperatura demasiado alta en el interior del refrigerador puede ser debida a una mala posición del botón de regulación próximo al desescarchado. Una temperatura demasiado baja puede tener una causa similar, aunque en este caso el botón de regulación se ha dejado en la posición de «frío máximo», después de una regulación realizada para la fabricación de sorbetes, por ejemplo.

La reclamación más fundamentada puede estar motivada por el funcionamiento defectuoso del termostato, fea porque el elemento termostático sea inoperante, o porque esté mal unido al evaporador, o, incluso, en posición desfavorable en un punto del recalentamiento.

En este caso, la transmisión de calor del evaporador no corresponde a la temperatura real del fluido frigorífico, por lo que la temperatura interior en el refrigerador no puede alcanzarse correctamente.

El propio termostato puede hallarse bajo sospecha; una marcha continua puede ser debida a que se encuentran soldados los contactos como resultado de una sobre intensidad momentánea. Entonces debe investigarse por qué se ha producido este hecho sin que haya funcionado la protección del relé.

La marcha sigue siendo continua si los hilos desnudos se tocan a la entrada del termostato cortocircuitándolo. Este funcionamiento sin parar provoca el escarchado excesivo del evaporador con la consiguiente temperatura demasiado baja en el interior del refrigerador.

Por el contrario, un funcionamiento bajo ciclos cortos, debido a una diferencia de temperatura demasiado baja en el termostato, afecta también la temperatura en el interior del refrigerador, que resulta muy elevada.

Si el funcionamiento se traduce en un tiempo reducido de marcha y una larga parada, el aire circula mal en el evaporador y no desciende la temperatura en el interior del refrigerador.

Si existe muy poca diferencia entre el paro y la puesta en marcha pueden presentarse dificultades en el arranque.

Sabemos que los pequeños sistemas, en que el evaporador se alimenta por tubo capilar, sólo pueden ponerse en marcha con facilidad si las presiones de aspiración y de descarga se hallan equilibradas o presentan poca diferencia entre ellas.

Si la puesta en marcha del grupo se solicita antes de que pasen 4 o 5 minutos después de una parada normal, la diferencia de presiones puede impedir el arranque.

La demanda de corriente para la puesta en marcha es demasiado elevada y el protector térmico, bajo el efecto de la sobre intensidad, conecta y desconecta alternativamente hasta un momento en que se equilibran las presiones en el circuito, poniéndose entonces el grupo en marcha normalmente.

Si esta circunstancia se produce a cada parada de la máquina, se efectúa rápidamente la puesta fuera de servicio del relé.

Para solucionar esta anomalía, debe regularse el diferencial del termostato de forma que no vuelva a conectar hasta después de una parada de 5 a 6 minutos como mínimo.

Regulación del termostato: para obtener una temperatura media de +3°C en el refrigerador, debe ajustarse el termostato como sigue:

Conexión a + 5°C y desconexión a + 1°C en el evaporador.

Estas cifras son, desde luego, puramente indicativas, ya que variarán según el tipo de evaporador, el aislamiento del refrigerador, la forma en que están colocados los productos a enfriar, etc.

También se puede dejar que el grupo funcione mucho tiempo para alcanzar la temperatura de desconexión del termostato debido a defectos del material: aislamiento insuficiente, pérdidas por mal ajuste del burlete de la puerta, condensador sucio, etc.

Debe asegurarse, asimismo, que los movimientos de convección del aire en el interior del mueble no se hallen obstaculizados por una mala posición del evaporador o de su bandeja de desagüe, o por el emplazamiento defectuoso del género almacenado (servilletas o papeles sobre los estantes).

Estos defectos pueden corregirse fácilmente por el operario sobre la misma instalación.

## 1.4. Comprobaciones de tipo eléctrico

### • Refrigeradores domésticos

#### Conexión a tierra

La comisión internacional de Reglamentación de Equipos Eléctricos prescribe la conexión a tierra (masa) de los muebles frigoríficos y de los refrigeradores de tipo doméstico. Un defecto de aislamiento puede tener como consecuencia la puesta bajo tensión de las estructuras metálicas y presentar un peligro real para el usuario, si el suelo del local es buen conductor o puede serlo por efecto de la humedad.

En las cocinas o locales en que se colocan generalmente los muebles y los refrigeradores, el suelo se halla cubierto, en la mayoría de los casos, con baldosas o material plástico. Estos materiales pueden ser buenos conductores por lo que la constitución de una conexión a tierra es una buena medida de protección. El cable conductor de la toma de alimentación debe incorporar un hilo de conexión a tierra, señalado con los colores tradicionales (amarillo y verde) de la misma sección que los conductores principales.

#### Toma de tierra

Las clavijas tomacorriente que rematan los cables de alimentación del motor compresor son accesorios moldeados que, reglamentariamente, incorporan dos clavijas y un tercer contacto para la conexión a tierra.

Al conectar la clavija de toma de corriente en el zócalo, la toma de tierra entra en contacto antes de que se pongan bajo tensión los hilos de la línea. Cuando se desconecta la clavija del zócalo, son los hilos de la línea los primeros en quedar sin tensión, mientras la conexión a tierra no se elimina hasta que ha dejado de llegar tensión:

- a) Debe asegurarse bien la fijación del cable de tierra en el zócalo de la toma de corriente.
- b) Si la conducción a tierra presenta algún problema o defecto, se puede realizar esta toma conectando el extremo del hilo a una tubería de distribución de agua en un punto exento de pintura o de otra materia que puede constituir aislamiento.

Esta conexión debe estar bien apretada bajo una abrazadera. El propio contador de agua debe derivarse, si es necesario, con un conductor de gran sección (28 mm) para asegurar la continuidad de la toma de tierra, en el caso de que se separe momentáneamente este contador.

Está prohibido formalmente conectar una toma de tierra a una tubería de calefacción central, de gas, de evacuación de aguas sucias, o en todos aquellos casos en que se tema comprometer la seguridad de las personas que ocupan el local.

Debemos recordar también que la instalación eléctrica del mueble frigorífico debe estar protegida por un disyuntor, o por un cortacircuitos fusible perfectamente calibrado. Finalmente, en el grupo frigorífico, todas las masas metálicas deben estar conectadas al borne correspondiente a la toma de tierra.

#### • Motores eléctricos, masa aparente y corriente de fuga

Ocurre bastante a menudo que un motor «que tiene masa», según declara el instalador o el reparador, es devuelto al fabricante, quien, después de su verificación, constata que el aislamiento del bobinado es por lo menos igual a la resistencia de aislamiento exigida por las condiciones reglamentarias (10 mega ohmios).

De hecho, la desagradable sensación de picazón que se experimenta no proviene de un aislamiento defectuoso sino de una fuga de corriente producida por la capacidad del bobinado con la masa.

El bobinado y el circuito magnético se comportan, uno frente al otro, como si se tratase de las dos armaduras de un condensador.

El bobinado del motor constituye la primera armadura. Las chapas del estator constituyen la segunda.

El cartón aislante ejerce el papel del dieléctrico del condensador. Cuando se pone la mano sobre la carcasa del motor, se toca la segunda armadura de un condensador sometido a tensión y por ello, si la persona se halla en contacto con el suelo, se experimenta el paso de una corriente eléctrica.

Para cambiar un componente defectuoso (filtro, deshidratador, válvula de retención, válvula de expansión, válvula de servicio o el propio evaporador), el procedimiento a seguir es siempre el mismo:

- a) Conectar el colector que sirve de bypass.
- b) Cerrar la válvula de salida de líquido en el recipiente.
- c) Hacer girar el compresor hasta que la presión de aspiración sea ligeramente inferior a cero del manómetro (presión atmosférica).
- d) Parar el compresor y esperar que esta presión suba, por recalentamiento del gas, ligeramente sobre cero. Durante este tiempo debe prepararse el recambio.
- e) Cerrar la válvula de servicio de aspiración.
- f) Obrar rápidamente en el cambio de componentes, después de haber comprobado los cuellos cónicos de conexión.
- g) Abrir seguidamente la válvula de salida de líquido y aflojar ligeramente la tuerca de la válvula de servicio de aspiración. Si ha entrado un poco de aire en el circuito durante el cambio del componente, habría sido absorbido por el fluido y se expulsa a través de la fuga creada por el aflojamiento de la tuerca.
- h) Despues de la salida de fluido, volver a apretar la tuerca.

Si no se puede efectuar inmediatamente la sustitución del elemento defectuoso, deben obturarse los tubos con tapones especiales, o bien, si se carece de ellos, con racores macho dobles. Si esta operación resulta necesaria, debe procederse a hacer un vacío de este sector de la instalación.

#### Cambio de un condensador de aire

Si existe una válvula de servicio en el tubo de unión condensador - recipiente, ciérrese esta válvula así como también la de descarga en la culata del compresor. Al desmontar el condensador se pierde solamente el fluido gaseoso que aquél contenía.

Si no existe válvula alguna en la unión de condensador y recipiente, recuperese el fluido con un equipo de recuperación. Es posible con ello recoger la casi totalidad de la carga. Entonces, se puede ya desmontar el condensador.

## **Cambio de un condensador de agua**

Recupérese la carga de refrigerante tal como se ha indicado anteriormente. Desmóntese el condensador dejando, si es posible, las válvulas de servicio en las tuberías para evitar entradas de aire en el circuito.

Tanto si se trata del cambio de un condensador de aire como de uno de agua, siempre hará falta, después de haber instalado el condensador de recambio, proceder a efectuar el vaciado del mismo antes de cargar la instalación.

### **• Precauciones que han de tomarse en el cambio de un componente**

Téngase al alcance de la mano el componente de recambio que debe estar siempre a punto de montar.

- Para los componentes que han de soldarse, deben seguirse los consejos del fabricante a este respecto (ficha técnica adjunta al componente).
- Para los aparatos que deben incorporarse al circuito por medio de racores, debe tomarse la costumbre de volver a efectuar los abocardados de unión en el momento de la sustitución.
- Cuando se trata de cambiar un aparato lleno de escarcha o de agua de condensación, debe tenerse la precaución de secar perfectamente dicho componente antes de desmontarlo, para evitar el riesgo de introducir gotas de agua en el interior del circuito.
- Trabajar rápidamente con mucho cuidado y limpieza.

### **• Volver a poner en servicio la instalación**

- Despues de haber bloqueado debidamente todas las tuercas, deben volver a colocarse en posición de lectura las válvulas de servicio de aspiración y descarga.
- Volver a poner en marcha la instalación abriendo de forma progresiva la válvula de salida de líquido.
- Efectuar la regulación del nuevo componente.

## **Observaciones**

*En el caso de la obstrucción completa de un componente en la línea de líquido o en la de aspiración (taponamiento del deshidratador, válvula de expansión bloqueada, cerrada, etc.), no es posible conducir todo el fluido contenido en el circuito hacia el depósito que sirve de recipiente.*

*Por consiguiente, la cantidad de refrigerante que se halla entre el punto de la obstrucción y la válvula de salida de líquido, se pierde.*

*Al final de la operación será necesario, por consiguiente, complementar la carga, sin olvidar la verificación del nivel de aceite en el compresor.*

## **1.5. Intervención en el compresor**

Las intervenciones que se efectúan en el compresor de una instalación frigorífica implican muy a menudo su desmontaje de la instalación.

### **Procedimiento**

- Intercalar el colector que sirve de bypass.
- Si el estado del compresor lo permite, debe cerrarse la válvula de salida de líquido y trasladar todo el fluido al recipiente, dejando en el circuito una presión de 0,2 o 0,3 bar.
- Cerrar a fondo (hacia adelante) las válvulas de servicio de aspiración y descarga.
- Quitar los tornillos que fijan las válvulas de servicio de aspiración y descarga al compresor.
- Después se puede extraer el compresor para su reparación («in situ» o en el taller) o cambio, quedando las válvulas de servicio montadas en la instalación.

### **• Volver a poner en marcha la instalación**

- Hacer el vacío en el compresor.
- Volver a colocar las válvulas de servicio de aspiración y descarga en posición de lectura,
- Volver a poner la instalación en marcha, abriendo de forma progresiva la válvula de salida de líquido,
- Verificar el buen funcionamiento de la instalación (control de la carga) y del compresor (control del amperaje, del nivel de aceite, etc.).

## **1.6. Cambio de fluido**

Este concepto se ha desarrollado de forma particular ante la sustitución de los CFC. Consiste en prolongar la utilización de un equipo ya existente, y de todo punto operativo, con un nuevo fluido frigorífico compatible.

El procedimiento de conversión es propio para cada fluido. En determinados casos, el cambio de fluido exigirá la recuperación total del aceite utilizado tradicionalmente y su sustitución por un nuevo aceite adaptado al nuevo fluido; en otros casos, podrá aceptarse una tasa residual del anterior aceite, lo que aligerará el proceso de conversión.

Por ejemplo, la falta de compatibilidad del R134a con los aceites tradicionalmente usados con el R12 (aceite mineral o alquibenceno) implicará, en el transcurso de la conversión, vaciar el aceite de origen reemplazándolo con un nuevo aceite POE (poliéster).

La miscibilidad del R134a con los aceites POE es muy sensible a la presencia de un aceite mineral residual en el sistema. Debido a este hecho, el procedimiento de limpieza deberá ser muy riguroso a fin de alcanzar una concentración de aceite residual mínima, del orden de 1 a 3% como máximo, según sea el tipo de instalación.

### **Preparación**

Sugerimos que el equipo descrito a continuación se halle en manos del técnico encargado de la sustitución del fluido frigorífico:

- 1.** Gafas protectoras.
- 2.** Guantes.
- 3.** Manómetros de servicio.
- 4.** Termómetro electrónico con sonda de contacto.
- 5.** Bomba de vacío capaz de obtener un vacío de 0,25 mm de mercurio.
- 6.** Calibrador del vacío.
- 7.** Detector de fugas.
- 8.** Equipo de recuperación de fluidos con una botella recuperadora de capacidad suficiente.
- 9.** Contenedores para el aceite recuperado.
- 10.** Dispositivos de regulación (si son necesarios).
- 11.** Filtros) deshidratador(es) de recambio.
- 12.** Aceite.
- 13.** Tablas de presión/temperatura del fluido utilizado para el recambio.
- 14.** Fluido de recambio.

### • Ejemplo del procedimiento

- 1º. Será conveniente comprobar la ausencia de fugas a lo largo del sistema. (Todas las fugas deberán suprimirse antes de introducir el refrigerante de sustitución).
- 2º. Aconsejamos medir los parámetros de funcionamiento de la instalación, lo que servirá de base comparativa después de ponerla en marcha con el nuevo refrigerante.
- 3º. Parar la instalación, cortar la acometida eléctrica y recuperar el fluido de acuerdo con las «reglas del arte». Medir la cantidad extraída a fin de poder definir la cantidad necesaria para la nueva carga.
- 4º. El aceite mineral debe extraerse del cárter de cada compresor. Los compresores deben desconectarse de la instalación y vaciarlos de aceite (se aconseja efectuar una prueba de acidez del aceite extraído).
- 5º. Medir la cantidad de aceite retirado. Esta cantidad se aproximará a la carga de origen del compresor. Los suministradores del compresor pueden facilitar información relativa a la carga original del compresor.

Si la cantidad de aceite extraído es inferior a la mitad de la carga total de la instalación, será conveniente extraer el aceite que haya quedado recogido en el circuito frigorífico.

Si el circuito comprende elementos como: separador de aceite, depósito de aceite, reguladores del nivel de aceite, botellas anti golpes de líquido, etc., convendrá hacer el vacío de estos componentes si el total de la cantidad de aceite recogido en estos órganos sobrepasa el 50% de la carga total de aceite.

### Observación

*El aceite debe disponerse en contenedores adecuados.*

- 6º. Antes de realizar la carga de aceite, se debe proceder a la reparación de eventuales fugas, antes de volver a instalar los elementos de regulación cambiados. Instálese un filtro deshidratador adaptado a la instalación. Los filtros deshidratadores deben ser compatibles con el aceite y el fluido frigorígeno.
- 7º. Es importante señalar que los aceites poliéster son particularmente higroscópicos. Después de haber cargado el compresor con la cantidad prevista de aceite, debe conexiónarse y aislarse rápidamente. Al igual que un bidón abierto, el compresor cargado con aceite éster absorberá la humedad del ambiente. El circuito debe contener como mínimo un 50% de aceite poliéster o alquilbenceno. Es aconsejable una cantidad superior al 50%.
- 8º. Una vez que se ha instalado el compresor con el circuito bien estanco, debe procederse a efectuar el vacío, manteniéndolo inferior o igual a 0,25 mm de Hg (33,3 Pa).
- 9º. Cargar el nuevo fluido frigorífico en estado líquido.

Determinados fluidos empleados como sustitutivos son mezclas que contienen, por lo menos, dos componentes cuya proporción en la fase líquida y de vapor varía durante la evaporación y la condensación. Es importante efectuar la carga inicial, o el complemento de la carga, en la fase líquida. Por esta razón debe identificarse la conexión de líquido en la botella de fluido frigorífico. Jamás debe efectuarse la carga en la fase de vapor, a menos que se tenga la seguridad de vaciar completamente la botella en el circuito frigorífico.

Con un vacío de 0,25 mm de Hg (33,3 Pa) como mínimo, la carga podrá efectuarse por el lado de alta presión. La carga inicial debe corresponder alrededor del 80% de la cantidad retirada del circuito.

- 10º. Póngase la instalación en marcha y obsérvese su comportamiento. El complemento de carga de un sistema que se halla en funcionamiento se hace generalmente por la aspiración. Teniendo en cuenta la obligación de efectuar la carga bajo la fase líquida, convendrá evitar los «golpes de líquido» en la aspiración.
- 11º. Se hace funcionar la instalación tomando nota de los datos que se comparan con los valores iniciales. Debe comprobarse y regular, si es necesario, el recalentamiento de las válvulas de expansión termostáticas. Debe regularse, asimismo, el punto de consigna de los dispositivos afectados por la sustitución de fluido.
- 12º. Deben identificarse los componentes, colocando una etiqueta sobre el compresor que indique las oportunas referencias acerca del nuevo fluido frigorífico y del aceite.
- 13º. El almacenamiento, la recuperación, la destrucción y la regeneración del aceite y el fluido recuperados deberán llevarse a cabo de acuerdo con las leyes vigentes en cada país.

## **2. Trabajo en el taller**

La generalización en la sustitución rutinaria de los componentes, principalmente en lo que concierne a los compresores convencionales y a los compresores herméticos, o herméticos accesibles, hace que el montador reparador esté llamado cada vez menos a efectuar la revisión y reparación de los mismos. De todos modos, no disponiendo en muchos casos más que de sus propios medios, y careciendo de piezas de recambio, puede verse obligado a la revisión de determinados elementos de la instalación, por lo que recordamos a continuación las precauciones elementales que deben tomarse para llevar a cabo estas revisiones.

### **Grupo compresor**

#### **Desmontaje**

Recupérese, si es preciso, el fluido contenido en el recipiente del grupo. Este fluido se aspira, en forma de gas, a través de un filtro deshidratador y se descarga en un recipiente después de haberse licuado en el condensador. Antes de desmontar el compresor, debe anotarse la posición de las válvulas de servicio. Para extraer una junta, debe evitarse el empleo de destornilladores o buriles, utilizando en su lugar cuñas especiales de acero bien afiladas que se introducen fácilmente en la junta que ha de separarse sin temor a deteriorarla.

#### **Reparación**

Establecer una lista con las piezas que son defectuosas. Toda pieza que presente señales de desgaste debe cambiarse. Hágase un lavado completo del compresor, del condensador y del recipiente con un fluido apropiado, efectuando a continuación un buen soplado con aire comprimido deshidratado o con nitrógeno seco.

El plato de válvulas debe hallarse perfectamente plano; los asientos de las válvulas no han de presentar defecto alguno, frotándolos, si es necesario, sobre un mármol con abrasivo muy fino. Los discos o láminas que hacen de válvula deben cambiarse. Seguidamente hágase una prueba de estanqueidad sobre los asientos especiales para tener la seguridad de que actúan bien tanto en vacío como bajo presión.

La caja de estanqueidad o sello debe examinarse cuidadosamente: si el aro está marcado con señales de rozamiento, debe cambiarse. Si el asiento (o sea, el cordón de fricción) está desgastado, cámbiese todo el conjunto. Antes del remontaje de las piezas, deben limpiarse con un paño sin hilachas y aceitarlas con aceite frigorífico virgen. Si los cojinetes de bielas han sido rectificados, debe tenerse la prevención de verificar el espacio neutro. Debe emplearse una junta de espesor para que este espacio neutro quede normal.

#### **Juntas**

Como ya hemos visto en el capítulo dedicado a los compresores, las juntas de material Klingerit son las que dan mejor resultado.

#### **Pruebas**

Efectúese la carga de aceite; el nivel del mismo debe alcanzar la parte inferior del eje o si el compresor está equipado con un visor, deben seguirse las recomendaciones del fabricante en lo que respecta al nivel óptimo de aceite.

Habiéndose obtenido la estanqueidad debida, hágase el montaje del grupo (compresores, condensador y recipiente sobre el chasis) teniendo cuidado de rehacer en las tuberías los cuellos cónicos sobre los que se tenga alguna duda. Hágase entonces una prueba de estanqueidad del conjunto, y después estúfese si es necesario.

## **El Estufado**

Se cierra la válvula de servicio de aspiración, así como la de salida de líquido, y todas las demás se hallan abiertas. Conéctese la bomba de vacío en el orificio de salida de la válvula de descarga, cuidando de que la aguja de la misma se encuentre en posición intermedia, de forma que permita la aspiración en el grupo. La estufa debe hallarse a la temperatura de 100°C y la duración del estufado será de 10 h. La bomba de vacío no debe dejar de funcionar. Después del estufado, puede procederse a la carga del fluido, operación que se facilita al disponer de un equipo de carga.

## **Equipo de carga**

En el mercado existen equipos de carga listos para su empleo, aunque de todos modos resulta fácil realizar una instalación de carga tal como se detalla en la figura 15. Se coloca en A la botella grande que surte de fluido, colocándola de forma que 1a carga se efectúe en fase de líquido: esta posición es normal si la botella incorpora un tubo sumergido, debiendo colocarse en posición invertida si dicho tubo no existe en la botella para la carga de líquido. Es indispensable intercalar un filtro en el tubo de unión. La bomba de vacío debe conectarse en D. Ha de intercalarse una tuerca de cierre en G.

Se abren las válvulas de paso, B, C y D, dejando cerrada la válvula A. Debe dejarse que la bomba de vacío funcione alrededor de 30 minutos; el vacío conseguido no debe ser inferior a 900 mbar. Se cierran entonces las válvulas B, C y D y se para la bomba de vacío. Se abre entonces el grifo F de la botella. Seguidamente, se abre el grifo B para que se efectúe el llenado del equipo de carga anotándose el nivel de líquido en la escala graduada del comprobador E.

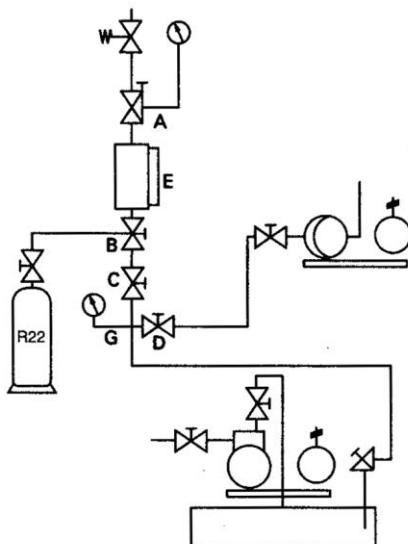


Figura 8.15. Instalación para la carga de fluido frigorífico.

## **Carga**

Levántese la junta en G y conéctese el grupo que ha de cargarse, abriendo la válvula de servicio del mismo. Se pone en marcha la bomba de vacío abriendo la válvula D a fin de establecer el vacío del conjunto. Cuando este vacío se ha logrado, se cierra la válvula D. Despues de haber determinado la cantidad de líquido que ha de introducirse en el grupo, se abre la válvula C, controlando como va bajando el nivel en la escala graduada. Cuando el grupo se encuentra cargado con la cantidad deseada de fluido frigorífico, se cierra C.

Ciérrase la válvula de servicio del grupo.

La instalación de carga puede llenarse de nuevo por si ha de efectuarse una segunda operación. También pueden llenarse las botellas utilizadas para el servicio, etc. La instalación de carga debe estar provista de una válvula de seguridad ajustada para abrir a la presión correspondiente a la tensión de vapor del fluido frigorífico a la temperatura de 40 o 50°C, la cual puede sustituirse por un disco de ruptura metálico o de grafito.

### **3. Pruebas de los aparellajes**

#### **Termostatos**

##### **Termostato con bulbo**

Si el termostato es para bajas temperaturas (-15 a -35°C), por ejemplo, debe sumergirse el bulbo dentro de un vaso de «Dewar» enfriado. Después de pasados unos minutos, se maniobra muy ligeramente el botón de ajuste hasta la desconexión del aparato. De esta forma se obtiene un primer punto de referencia. Se pueden obtener otros puntos utilizando una salmuera enfriada a diferentes temperaturas (en varios recipientes), operación que resulta fácil de realizar en el taller. Un multímetro permite controlar con precisión las conexiones y desconexiones en relación con las temperaturas. Éstas deben controlarse con termostatos perfectamente calibrados.

En los termostatos para temperaturas próximas a 0°C (por ejemplo, de 0 a -15°C), se efectúa la misma operación sumergiendo el bulbo en un recipiente que contenga hielo trinchado a punto de fusión, logrando así el cero como primera referencia. Con los diversos baños de salmuera se puede regular el punto de desconexión a la temperatura deseada.

El ajuste del diferencial es delicado. Se consigue por medio del desplazamiento del botón de regulación o sumergiendo el bulbo en baños a temperaturas diferentes.

Cuando se tiene la certeza de que el tren termostático se halla en buen estado, se puede admitir que el termostato funcionará de forma satisfactoria, siempre que el bulbo se halle emplazado tal como se recomienda en el capítulo 4.

##### **Termostato de ambiente**

Para intentar el ajuste de estos controles hace falta disponer de un pequeño refrigerador para temperaturas suficientemente bajas.

Las causas de mal funcionamiento, como ya hemos visto, son el resultado del mal estado de los contactos, o de la falta de sensibilidad del elemento detector. En el caso último, no hay reparación posible en el taller y el aparato ha de ser devuelto al suministrador. La puesta en condiciones de los contactos es delicada pero realizable.

Después de efectuada la reparación, háganse pruebas de ajuste, tal como se ha indicado anteriormente, en las mismas condiciones que el termostato debe regular.

#### **Presostatos**

Resulta fácil, en el taller, instalar un equipo de verificación y ajuste de los controles que funcionan presostáticamente, utilizando dos recipientes de pequeña capacidad, uno de los cuales, el R<sub>1</sub>, se alimenta con aire comprimido por un compresor de servicio, mientras el otro, R<sub>2</sub>, se conecta a la aspiración del compresor, encontrándose bajo vacío (fig. 16).

La presión máxima en el recipiente de aire comprimido debe ser de 10 bar, limitada por un interruptor de sobrepresión que controla el motor del compresor y puede llegar a ser inferior a esta cifra de acuerdo con las pruebas que se efectúan. La instalación de prueba se compone de:

- a. Dos válvulas separadoras A y B.
- b. Dos válvulas de tres pasos C y D que sirven para purgar y para la entrada de aire.
- c. Un vacuómetro M<sub>2</sub>.
- d. Un manómetro de alta presión M<sub>1</sub>.
- e. Un manómetro mixto M<sub>3</sub> (que indica las presiones inferiores y superiores a la presión atmosférica).
- f. Un grifo de purga E.
- g. Una tubería con un racor en forma de cruz.

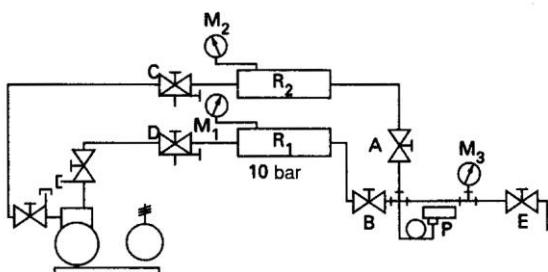


Figura 8.16. Banco de pruebas de los presostatos y otros aparatos presostáticos.

Cerrando A y abriendo B se ejerce presión sobre el mismo aparato. El grifo E sirve para purgar, o bien, para la entrada de aire.

Maniobrando cuidadosamente estas válvulas se pueden obtener todas las presiones intermedias. Se trata de una maniobra delicada, por lo que las aberturas deben efectuarse muy suavemente.

Un manómetro permite controlar con precisión las presiones de ruptura y de conexión.

Si en un mismo reglaje, en el transcurso de repetidas pruebas, los puntos de ruptura o de conexión se realizan bajo presiones diferentes, ello es debido a que, en el aparato que se está probando, existe un punto mecánicamente «duro» que conviene eliminar.

Un segundo método consiste en montar el presostato que se prueba en los orificios de servicio de la válvula de un compresor. Por estrangulación de las válvulas de aspiración y descarga se pueden obtener en el cárter, o en la cabeza de los cilindros, las presiones necesarias para el ajuste de los aparatos (alta y baja presión). Los resultados obtenidos bajo esta condición son menos precisos.

La maniobra de las válvulas separadoras permite obtener en el aparato de automatismo que se prueba todas las presiones de reglaje deseables abriendo o cerrando las mismas.

Así pues, cerrando B y abriendo A se establece un vacío en el aparato que se está probando.

### Válvula de agua presostática

Para la regulación de una válvula de agua se utiliza el recipiente de aire comprimido del dispositivo descrito anteriormente.

El racor del fuelle (o de la membrana) de la válvula de agua se conecta a dicho recipiente.

Se intercala un manómetro de control y una válvula de tres pasos para la purga. La válvula de agua se une por medio de un tubo de caucho al canal de alimentación de agua bajo una presión de 2,5 bar como mínimo.

El flujo de salida debe ser libre para hacer un control preciso. El sentido de salida del agua en la válvula se indica por medio de una flecha que viene de fundición o de estampación sobre el cuerpo de la misma. Los racores pueden estar marcados con «In» o < Inlet> para la entrada y con «Out» u «Outlet» para la salida.

Si se abre el paso de agua sin que exista presión sobre el fuelle, el caudal de agua es nulo, y la válvula debe permanecer perfectamente estanca.

Si de forma suave se admite presión sobre dicho fuelle, la abertura de la válvula se lleva a cabo cuando dicha presión alcanza 3,5 bar (50 psig). Entonces, debe regularse el dispositivo de ajuste que actúa sobre un resorte que, de acuerdo con el tipo de válvula, es antagonista a la presión del fuelle o aplica el disco de la válvula sobre su asiento.

El caudal de agua crece proporcionalmente con la presión, y alcanza su punto máximo para una presión sobre el fuelle que varía de acuerdo con el tipo de válvula que se prueba [generalmente, la variación de la presión necesaria para pasar de la abertura mínima a la máxima es alrededor de 1,5 bar (22 psig)].

En este momento debe cerrarse la válvula de separación en el recipiente de aire comprimido.

Se afloja muy ligeramente la aguja de la válvula de tres pasos para purgar de aire el tubo; la presión baja lentamente sobre el fuelle, debiendo efectuarse el cierre de la válvula cuando la presión sea de 3,2 bar (alrededor de 46 psig).



Círrese, bloqueándola, la válvula de tres pasos, asegurándose que no hay fuga alguna a través del fuelle (que sería señalada por un descenso de la presión).

Esta prueba del caudal debe volver a efectuarse varias veces a fin de comprobar que las aberturas y cierres de la válvula se hacen siempre bajo las presiones de regulación.

Una regulación complementaria debe efectuarse en toda instalación antes de su puesta en marcha, ya que la presión de trabajo varía de acuerdo con el fluido utilizado en la instalación.

Regla general: a la parada del equipo, la válvula debe cerrar completamente.

En régimen de funcionamiento, el recalentamiento del agua de enfriamiento debe ser de 10 a 12°C.

Si se trata de una válvula en reparación, debe comprobarse el estado del asiento y del disco. La falta de estanqueidad resulta a menudo debida a las deposiciones calcáreas y los cuerpos extraños incrustados en el caucho o en el asiento de la válvula.

Recordamos sobre este particular que, en una instalación y de acuerdo con la naturaleza y origen del agua en circulación, es a menudo necesaria la colocación de un filtro previo a la entrada de la válvula de agua.

### **Válvulas de presión constante**

Estas válvulas no pueden probarse de forma eficaz más que en los propios circuitos donde deben montarse. De todos modos, con el dispositivo a base de dos recipientes, del que ya hemos tratado, se puede efectuar un previo reglaje de las presiones de abertura y cierre, comprobando asimismo la estanqueidad de la válvula en su posición de cierre.

### **Válvulas magnéticas (solenoides)**

En principio deben probarse desde el punto de vista eléctrico alimentando la bobina con la corriente nominal (naturaleza, tensión y frecuencia).

Enseguida, si resulta posible, debe alimentarse la bobina con una tensión inferior en 20 a 25% a la de la línea de alimentación. Verifíquese que el alza de la aguja se haga normalmente en ambos casos.

Únase después la válvula al depósito de aire comprimido (intercalando un deshidratador en la tubería) o, preferiblemente, a una botella de nitrógeno bien seco (nitrógeno R). Ajústese entonces el mano regulador a la presión deseada para la prueba de la válvula; désele corriente a la bobina, controlando el caudal, para cortar la corriente después y verificar la estanqueidad de la aguja. Para facilitar esta operación, debe anexionarse a la salida de la válvula un pequeño trozo de tubo de 1/4" sumergido en el aceite. Finalmente, debe dejarse la bobina con corriente durante un espacio de 15 o 20 min para controlar la elevación de temperatura.

### **Motores**

Si el motor es nuevo, el ensayo consiste en efectuar pruebas de arranque frenando con una correa sobre la polea.

Con el taquímetro debe verificarse la velocidad del motor y si la intensidad, en vacío, al arranque, o con carga, es normal y se halla de acuerdo con las indicaciones de la placa del motor.

Es indispensable disponer de un control doble (voltímetro y amperímetro).

Si la prueba no es satisfactoria y su funcionamiento ofrece dudas, se deberá devolver el motor al suministrador.

Si el motor ha estado ya en funcionamiento antes de experimentar algún fallo, ha de realizarse la prueba antes mencionada. Verifíquese la buena ejecución de los arranques, el estado de los cojinetes, el juego lateral, etc. Compruébese, asimismo, el acoplador y el estado del condensador de arranque cuando el motor funciona con estos dispositivos.

Verifíquese que el motor no se encuentre conectado «a masa». Todas estas comprobaciones pueden requerir reparaciones que están en manos de un montador experimentado. Si la avería es importante y, por ejemplo, se trata de un bobinado, debe confiarse a un especialista o al suministrador del motor.

## **Termómetros y manómetros**

La verificación de estos elementos, en comparación con otros debidamente calibrados, debe realizarse lo más a menudo posible por el montador en el taller.

Respecto a los termómetros, se puede efectuar su comprobación a baja temperatura utilizando fluido frigorífico vertido en un envase criogénico «Dewar», por ejemplo, o en una mezcla de sal de cocina con hielo trinchado. Una diferencia de algunas décimas de grado con el termómetro patrón es totalmente aceptable.

Debe retirarse varias veces el termómetro que se está controlando y, después de calentar con la mano el receptáculo del bulbo, se vuelve a sumergirlo en el baño para tener así la seguridad que señala regularmente la misma temperatura.

Se ha de recordar siempre que tanto los termómetros como los manómetros son aparatos de precisión y han de tratarse como tales. Estos últimos no deben guardarse revueltos con los otros útiles dentro de la caja de herramientas.

Si en el curso de una falsa maniobra, o de una sobrepresión, un manómetro ha sufrido la desviación de la aguja, hará falta extraer dicha aguja de su eje, volver a ponerla a cero y rehacer el calibrado del aparato. Jamás debe utilizarse un manómetro cuya aguja esté desequilibrada. Generalmente, los manómetros incorporan un dispositivo para hacer retornar la aguja a cero.

### **• Indicaciones de orden práctico**

En el corte de tubos o de planchas delgadas debe maniobrarse la sierra al revés, o sea, mordiendo el tubo o la plancha en dirección hacia uno mismo. De esta forma se evita la ruptura brusca de los dientes de la sierra.

Si la aguja de una válvula se halla fuertemente bloqueada, debe tenerse cuidado de no estropear el cuadrado del vástago al agitar violentamente la llave de carraca.

Se puede facilitar el desbloqueo del vástago golpeando ligeramente con un martillo la punta del vástago de la aguja antes de maniobrar éste con la llave.

Para volver a dar un aspecto nuevo a las válvulas, grifos, racores y demás piezas de latón o bronce, procédase de la siguiente forma:

#### **1º. Decapado:**

Sumergir las piezas en una solución conteniendo tres partes de ácido nítrico y una de ácido sulfúrico. Se retiran pasándolas inmediatamente por agua. Para formar dicha solución, se vierte el ácido nítrico en cantidad suficiente en un recipiente de gres, para añadir luego el ácido sulfúrico, diluyéndolo bien con una cuchara de madera. Debe utilizarse una máscara amigas, guantes de goma y un delantal protector. Si el ácido salpicara la ropa o el calzado deberá aplicarse inmediatamente agua en dichos puntos.

#### **2º. La solución para restituir los metales a su primitivo color y brillantez se compone de:**

- 100 gramos de cianuro de sodio,
- 5 litros de agua.

Las piezas que se están tratando deben sumergirse unos segundos en este baño y pasárlas después por agua pura.

## 4. Medición de las características de una instalación

### 4.1. Rendimiento volumétrico de un compresor

En un compresor, el volumen de vapor aspirado en cada vuelta del eje no corresponde enteramente al volumen geométrico desarrollado por los pistones que se conoce por cilindrada.

Esta diferencia proviene de la pérdida por expansión del vapor comprimido en el espacio neutro. Esta expansión retrasa el alza de la válvula de aspiración e impide que se llene completamente el cilindro con gas «fresco».

Tomando en consideración este hecho, se puede decir que el rendimiento volumétrico de un compresor es la relación entre el volumen de gas verdaderamente aspirado  $qv$  y el volumen geométrico desplazado por los pistones en un tiempo dado y para unas presiones determinadas de aspiración y de descarga.

#### Expresión

En un compresor cuyas características sean:

Número de cilindros	: n;
Diámetro de los cilindros	: d mm;
Carrera de los pistones	: l mm;
Velocidad de giro	: N r/min.

La cilindrada  $c$  de dicho compresor será:

$$c = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \times n \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

y el caudal desplazado por los pistones en  $\text{m}^3/\text{s}$  será:

$$qvb = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \times \frac{N}{60} \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$$

Si expresamos  $qvb$  en  $\text{m}^3/\text{h}$  tendremos:

$$qvb = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \times n \times N \times 60 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{h}$$

o bien:

$$qvb = c \times N \times 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si  $qv$  es el caudal de fluido movido durante la unidad de tiempo escogida, el rendimiento volumétrico del compresor será:

$$\eta_v = \frac{qv}{qvb}$$

## Medición

### Método de los recipientes (fig. 17)

A: Botella que contiene el fluido.

B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>: Botellas que reciben el fluido comprimido.

C: Compresor.

S: Separador de aceite.

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>: Manómetros.

Ajústense las válvulas del compresor, en una prueba preliminar, para lograr la presión deseada (presión de trabajo).

Se pesa la botella A, y se pone en marcha el circuito.

Al terminar la prueba, debe anotarse el tiempo de funcionamiento y pesar la botella A. La diferencia de peso señala la masa de fluido desalojado durante un espacio de tiempo (en minutos) cronometrado.

El volumen del fluido que se ha desalojado tiene el valor siguiente:

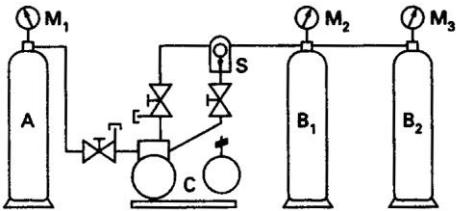


Figura 8.17. Dispositivo para medir el rendimiento volumétrico de un compresor.

$$V = \frac{\text{Masa del fluido desalojado}}{\text{Masa volumétrica a la presión de prueba}}$$

$$\text{Rendimiento volumétrico} = \frac{\text{Volumen del fluido}}{C \times N \times t}$$

## 4.2. Potencia frigorífica

Para determinar una potencia frigorífica hace falta precisar:

- 1º. La temperatura de evaporación:  $\theta_0$
- 2º. La temperatura de condensación:  $\theta_k$
- 3º. La temperatura a la entrada de la válvula de expansión:  $\theta_4$

En la práctica, para valorar la potencia frigorífica de una máquina, es necesario tener en cuenta las condiciones de funcionamiento, es decir, el sub enfriamiento eventual del líquido a la llegada de la válvula de expansión y el recalentamiento de los vapores en la aspiración del compresor.

Si tenemos un compresor trabajando con R-22 de las características siguientes:

- Diámetro = 40 mm o sea, a 0,04 m.
- Carrera = 28 mm, o sea, 0,028 m.
- Número de cilindros = 2.
- Velocidad del compresor = 1430 r/min.

La cilindrada tiene el siguiente valor:

$$c = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \times n \text{ m}^3$$

o sea:

$$c = \frac{\pi \times (0,040)^2}{4} \times 0,028 \times 2 = 70,336 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Caudal volumétrico desplazado:

$$qv_b = c \times \frac{N}{60} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 70,336 \times \frac{1430}{60} \times 10^{-3} = 0,001676 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si expresamos el caudal volumétrico desplazado en  $\text{m}^3/\text{h}$ , obtendremos:

$$qv_b = 1,676 \times 3600 \times 10^{-3} \# 6,035 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si el compresor aspira los vapores del R-22 a -30°C (1,6 bar) y los descarga a una presión tal que la condensación se efectúa a +25°C (10,4 bar) llegando líquido condensado a la válvula de expansión a la misma temperatura, la producción frigorífica por metro cúbico aspirado será de 1 192,73 kJ/m<sup>3</sup>, lo que nos dará una potencia frigorífica teórica de:

$$\begin{aligned}\Phi_0 &= q_\theta \times qv_b \\ &= 1192,73 \times 10^3 \times 0,001676 \# 2000 \text{ vatios}\end{aligned}$$

Si, no cambiando las condiciones de condensación, la temperatura de los vapores aspirados son sucesivamente de -20, -10, 0°C, las potencias frigoríficas por metro cúbico de aire serían: 1 780,80; 2 598,88; 3 699,50 kJ/m<sup>3</sup> y las potencias frigoríficas correspondientes al compresor se convertirían así:

$$\begin{aligned}\Phi_0 (-20^\circ\text{C}) &= 1780,80 \times 10^3 \times 0,001676 = 2988 \text{ vatios} \\ \Phi_0 (-10^\circ\text{C}) &= 2598,88 \times 10^3 \times 0,001676 = 4356 \text{ vatios} \\ \Phi_0 (0^\circ\text{C}) &= 3699,50 \times 10^3 \times 0,001676 = 6200 \text{ vatios}\end{aligned}$$

Entonces, se comprueba que, por una parte, la potencia frigorífica de un compresor varía de acuerdo con las condiciones de funcionamiento de la máquina y que, por otra, las potencias que acabamos de calcular son potencias teóricas, ya que no se ha tenido en cuenta el rendimiento volumétrico del compresor cuyo valor aproximado es igual a:

$$\eta_v = 1 - 0,05 \frac{\text{presión absoluta de descarga}}{\text{presión absoluta de aspiración}}$$

### Ejemplo

5000 vatios a  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $+35^{\circ}\text{C}$ , significa que, para una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  en el evaporador, una temperatura de condensación de  $+35^{\circ}\text{C}$  y una temperatura de  $+30^{\circ}\text{C}$  a la entrada de la válvula de expansión, la potencia frigorífica del compresor es de 5 000 vatios.

### Medición

#### Método del calorímetro

Se sumerge un evaporador dentro de un calorímetro que contiene una solución incongelable. Este calorímetro está formado por un depósito perfectamente aislado. La solución se halla en movimiento por medio de un agitador, y el calentamiento se obtiene por medio de una resistencia eléctrica.

Unos termómetros, o bien unos termopares, permiten conocer la temperatura de la solución y las de los puntos particulares del circuito frigorífico.

El circuito frigorífico está compuesto por el compresor, el condensador, la válvula de expansión y el evaporador que se halla sumergido en la solución que debe enfriarse.

El circuito de la resistencia eléctrica comprende un amperímetro, un voltímetro y un contador.

El circuito del motor del grupo incorpora un vatímetro.

La producción frigorífica del evaporador se compensa con la energía calorífica disipada por la resistencia eléctrica.

Se deben tener en cuenta los desperdicios debidos al calorímetro. Generalmente, se admite:

$$K = 5,8 \text{ W/m}^2$$

$$K (5 \text{ frig/m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^{\circ}\text{C})$$

En régimen permanente, la potencia desarrollada por la resistencia viene dada por la expresión:

$$W = U \times I \quad \text{vatios}$$

La potencia consumida por el motor del grupo está dada por el vatímetro.

La potencia frigorífica, habida cuenta de los desperdicios del calorímetro de superficie media A en metros cuadrados, es:

$$\Phi_o = U \times I + 5,8 A \quad \text{vatios}$$

## **Reglaje del circuito**

Una vez el circuito está montado y se ha comprobado su estanqueidad, debe procederse a la puesta en marcha en las condiciones normales (presiones y velocidad del compresor).

Se deja que el compresor llegue a régimen y se regula la válvula de expansión para obtener la temperatura que se desea en el evaporador.

La temperatura ambiente debe mantenerse constante.

Los termopares se colocan a la entrada y a la salida del compresor, del condensador y a la salida del evaporador, permitiendo en todo momento la lectura de temperaturas a lo largo del circuito.

Es necesario tomar varias lecturas durante la prueba y calcular la media de los resultados obtenidos.

Para evitar pérdidas por las tuberías, éstas deben hallarse cuidadosamente calorifugadas.

## **Observación**

*En un grupo compresor, la potencia frigorífica depende del estado del fluido y de su admisión en la válvula de expansión, o sea, como ya hemos indicado anteriormente, de las condiciones bajo las cuales se ha condensado el vapor (condensación simple o bajo sub enfriamiento del líquido), variando pues dicha potencia frigorífica de forma sensible con el condensador.*

## **Calorímetro con fluido secundario**

Este tipo de calorímetro está formado por un depósito metálico que contiene en su parte baja un refrigerante que sirve de fluido secundario (fig. 7.18).

Una resistencia eléctrica cuya salida al exterior se efectúa a través de un dispositivo estanco, logra el calentamiento del fluido intermedio en cuya parte superior se halla localizado el elemento refrigerador.

El calentamiento se regula de forma automática por medio de un presostato mandado por la presión del fluido en el depósito. De esta forma se obtiene un estado de equilibrio de la temperatura que permite establecer un régimen permanente del compresor que se está probando.

Durante el funcionamiento se aumenta, a intervalos regulares, la temperatura en los diferentes puntos del circuito frigorífico por medio de termopares.

El elemento refrigerante, así como la resistencia eléctrica, pueden fraccionarse de forma que se utilicen en relación con el compresor que se está comprobando.

El conjunto del depósito metálico debe hallarse inmerso dentro de un aislamiento suficiente para anular la influencia del ambiente sobre el dispositivo.

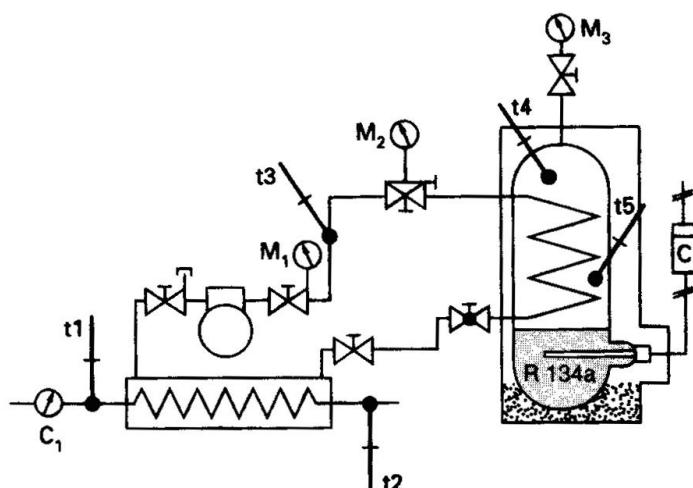


Figura 8.18. Calorímetro con fluido secundario.

### 4.3. Medición de los caudales

- Caudales de agua

La medición de los caudales de agua (o de cualquier otro líquido) puede llevarse a cabo por medio de contadores. Si  $V_1$  es el volumen que totaliza el contador en un tiempo  $t_1$  (en segundos),  $V_2$  el volumen totalizado que se registra en el tiempo  $t_2$  (en segundos), el caudal horario de líquido será:

$$qv = 3\,600 \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \text{ m}^3/\text{h} \text{ o dm}^3/\text{h}$$

de acuerdo con la graduación del contador.

Si la medición se realiza sobre una tubería de salmuera, debe enjuagarse abundantemente el contador con agua clara a fin de evitar la posible oxidación del mecanismo.

Esta medida debe tomarse igualmente con los recipientes que sirven de aforo con capacidad de 5 a 10 dm<sup>3</sup>. Debe medirse el tiempo que tarda en llenarse un depósito para poder determinar el caudal horario de agua o del líquido empleado.

Si el volumen del recipiente aforador es de 10 dm<sup>3</sup>, el caudal, expresado en metros cúbicos, será:

$$qv = \frac{10 \times 10^{-3}}{t_2 - t_1} = \frac{0,01}{t_2 - t_1} \text{ m}^3/\text{s}, \text{ o sea } \frac{36}{t_2 - t_1} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$qv = \frac{5 \times 10^{-3}}{t_2 - t_1} = \frac{0,05}{t_2 - t_1} \text{ m}^3/\text{s}, \text{ o sea } \frac{18}{t_2 - t_1} \text{ m}^3/\text{h}$$

si el volumen del mismo es de 5 dm<sup>3</sup>.

- Caudales de aire

Los caudales de aire que circulan a través del condensador o del evaporador de una máquina, al igual que la velocidad de circulación de aire a la salida de las bocas de los conductos de distribución, se miden por medio de anemómetros.

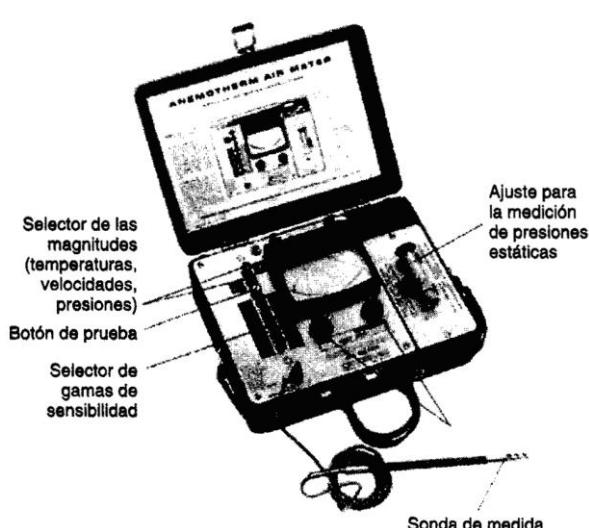


Figura 8.19. Anemómetro de hilo caliente.

Los anemómetros que se emplean normalmente en refrigeración y en climatización están dispuestos en forma de molinete extremadamente ligero cuyas paletas tienen una estructura especial que dan una gran sensibilidad al instrumento.

Se incorporan al aparato un cronómetro y un contador de metros, aunque lejos de la zona de las paletas para evitar que los remolinos de aire puedan afectar la precisión de las indicaciones.

El contador de metros y el cronómetro están sincronizados. Un engranaje permite poner en movimiento y detener simultáneamente las agujas indicadoras de los dos aparatos durante la rotación del molinete. La lectura de ambos indicadores determinan la velocidad del aire en un tiempo determinado (de un minuto, por ejemplo), que se convierte seguidamente en metros por segundo.

Este instrumento debe hallarse convenientemente orientado.

Si E metros es el espacio recorrido indicado por el contador en un tiempo de t segundos, la velocidad del flujo de aire será:

$$w = \frac{E}{t} \text{ m/s}$$

Conociendo la sección A (en m<sup>2</sup>) de paso del flujo de aire, el caudal tendrá el valor siguiente:

$$\begin{aligned} qv &= A \times w & \text{m}^3/\text{s} \\ qv &= 3600 \times A \times w & \text{m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Cuando la superficie de paso del aire es importante (condensador o evaporador) será necesario dividir esta superficie en un cierto número de superficies primarias sobre las que se mide la velocidad del flujo de aire. De esta forma obtenemos, si la superficie está dividida en ocho superficies primarias, ocho velocidades parciales w<sub>1</sub>, w<sub>2</sub>, ... w<sub>8</sub> m/s. Conociendo la superficie de cada una de ellas A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ... A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub> m<sup>2</sup>, se pueden calcular los caudales parciales por superficies primarias y deducir así el caudal total.

Los caudales parciales serán (en m<sup>3</sup>/h):

$$qv_1 = A_1 w_1 \quad qv_2 = A_2 w_2 \dots qv_8 = A_8 w_8$$

y el caudal total

$$qv = [qv_1 + qv_2 + qv_3 + \dots + qv_8] \quad \text{m}^3/\text{h}$$